

도시 가로변 띠녹지 식물의 미세먼지 축적과 대기오염내성 비교[†]

박지혜*, 이은영*, Bui Thi-Huong**, 박봉주***

*충북대학교 대학원 원예학전공 석사과정, **충북대학교 대학원 원예학전공 박사과정, ***충북대학교 원예과학과 교수

1. 서론

최근 도시에서 많이 발생하고 있는 미세먼지는 인간의 건강, 동물 그리고 식물에게 악영향을 미치는 전 세계적인 환경문제 중 하나이다(Bui et al., 2022). 미세먼지는 다환방향족탄화수소 같은 독성물질을 함유하고 있으며, 미세먼지는 입자크기별로 PM10(직경 10 μ m 이하), PM2.5(직경 2.5 μ m 이하)로 분류된다(Popek et al., 2018). 이러한 미립자 물질은 코 점막을 통해 걸러지지 않고 흡입 시 폐포(뇌)까지 직접 침투, 천식·폐질환 유발 및 조기 사망률을 증가시킬 수 있다(환경부, 2019). 대기오염을 감소시키는 것은 일차적으로는 발생원을 제거하는 것이 가장 이상적이나 여러 가지 현실적인 제약이 있어 그 대안으로 제시되고 있는 것이 식물을 이용한 바이오필터로서의 역할을 들 수 있다. 즉, 식물은 잎의 표면을 통해 미세먼지를 흡착하며, 기공을 통한 흡수에 의해 미세먼지를 저감할 수 있다. 본 연구의 도시 내 도로 띠녹지 조성을 위해 식재되어 있는 녹화식물의 미세먼지 저감과 대기오염내성지수(air pollution tolerance index, APTI)를 평가해 향후 미세먼지와 환경내성이 있는 식물을 발굴함으로써 환경정화를 목적으로 한 도시녹지 조성에 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

2. 연구방법

연구대상지는 청주시에서 가장 교통량이 많은 사직대로이며, 식물선정은 사직대로 가로변 띠녹지에 식재되어 있는 명자나무, 일본매자나무, 주목, 화살나무, 회양목, 흰말채나무 6종을 선정하였다. 각 식물 잎 샘플은 약 1m 높이의 병충해가 없는 건강한 것을 약 300cm²의 면적으로 무작위로 5반복씩 샘플링하였으며, 채취한 잎은 비닐봉투에 담아 밀봉하여 바로 실험실로 옮겨서 분석에 이용하였다. 생화학적 특성 분석은 시간이 소요되기 때문에 액체질소에 담가 초저온냉동고에 보관 후 분석에 이용하였다. 미세먼지 축적량(sPM, wPM)은 Dzierzanowski et al.(2011)의 방법을 따라 추출한 뒤 잎 표면의 PM(μ g/cm²) = (W 2-W 1)/A(여기서, W1, 추출 전 필터 무게, W2, 추출 후 필터 무게, A는 엽면적을 말한다.), 왁스층 PM(μ g/cm²) = (W 3-W 4) / A (여기서, W 3, 추출 전 비이커 무게, W4, 추출 후 비이커 무게 A는 엽면적을 말한다.)의 공식에 대입하여 측정하였다. 식물의 생화학적 특성(잎의 pH, 상대습수분 함량(RWC), 아스코르빈산(AA), 총염록소함량(Tchl))을 측정하여 Singh et al.(1991)의 방법에 의하여 대기오염내성지수(APTI)를 계산하였다. APTI = [A × (T + P) + R] / 10 (여기서, A는 ascorbic acid, T는 total chlorophyll, P는 엽 pH, R은 leaf relative water content(RWC)를 말한다.) APTI 내성지수는 Ghafari et al.(2021)의 방법에 따라 4등급으로 분류하였다(tolerant, moderately tolerant, intermediate, sensitive). 식물의 형태적 특성(가공수, 가공의 크기, 엽모 유무)은 광학현미경을 이용하여 조사하였다. 통계분석은 SAS 9.3 프로그램(SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 분석하였고, 처리 평균 간 차이는 Duncan's multiple range test(DMRT)로 5% 유의수준에서 실시하였다. 식물 종별로 누적된 PM과 잎의 특성은 ANOVA 분석을 이용하여 분석하였다. 잎의 축적된 PM의 양과 잎의 특성사이 관계는 Pearson's 상관관계 분석을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

분석결과 잎에 축적된 미세먼지 양은 식물별로 각각 다르게 나타났다. 입자 크기별로는 PM10이 PM2.5보다 더 많이 축적되는 것으로 나타났다. 세부적으로 살펴보면 sPM10은 회양목이 가장 높았으며, 그 다음으로 주목, 일본매자나무 순으로 나타났다. sPM2.5는 일본매자나무가 가장 높았으며, 그 다음으로 회양목, 흰말채나무, 화살나무 순으로 나타났다. 명자나무는 sPM10과 sPM2.5 모두 가장 낮은 것으로 나타났다. wPM10은 주목에서 가장 높았으며, 그 다음으로 일본매자나무, 회양목 순이었으며, wPM2.5는 일본매자나무가 가장 높았으며, 그 다음으로 주목 회양목, 화살나무 순으로 나타났다. 흰말채나무는 wPM10과 wPM2.5 모두 가장 낮은 것으로 나타났다. APTI값은 주목이 가장 높았으며, 그 다음으로 흰말채나무, 회양목 순으로 나타났으며, 명자나무가 가장 낮은 것으로 나타났다. APTI 등급은 tolerant 등급에 해당하는 식물은 없었으며, moderately tolerant 등급에는 주목, 흰말채나무, 회양목이었으며, intermediate 등급에는 화살나무가, sensitive 등급에는 일본매자나무와 명자나무였다. 식물 잎의 가공밀도는 식물별로 다르게 나타났으며, 단위면적당 가공수는 흰말채나무가 가장 많았으며, 그 다음으로 명자나무, 주목의 순으로 나타났으며, 화살나무가 가장 적은 것으로 나타났다. 미세먼지 축적량과 식물의 생화학적 특성, APTI와의 상관관계를 분석한 결과, 미세먼지 축적량은 아스코르빈산과 양의 상관관계가 나타났으며, 잎 뒷면의 가공과는 음의 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

[†]본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ017071032023)의 지원에 의해서 이루어진 것임.

이상의 결과를 종합해 보면 가로변 띠녹지에 조성된 식물의 미세먼지 축적량은 다르게 나타나고 있어 더 많은 식물을 대상으로 미세먼지 축적과 생리적 특성을 분석한 데이터의 축적이 필요할 것이다.

참고문헌

1. 환경부(2019) 고농도 미세먼지 대응매뉴얼.
2. Bui, H. T., U. Odsuren, S. Y. Kim and B. J. Park(2022) Particulate matter accumulation and leaf traits of ten woody species growing with different air pollution conditions in Cheongji City, South Korea. *Atmosphere* 13(9): 1351.
3. Dzierżanowski K., R. Popek, H. Gawrońska, A. Sæbø and S. W. Gawroński(2011) Deposition of particulate matter of different size fractions on leaf surfaces and in waxes of urban forest species. *International Journal of Phytoremediation* 13(10): 1037-1046.
4. Ghafari, S., B. Kaviani, S. Sedaghatthoor and M. S. Allahyari(2021) Assessment of air pollution tolerance index (APTI) for some ornamental woody species in green space of humid temperate region (Rasht, Iran). *Environment, Development and Sustainability* 23: 1579-1600.
5. Popek, R., A. Łukowski and M. Grabowski(2018) Influence of particulate matter accumulation on photosynthetic apparatus of *physocarpus opulifolius* and *sorbaria sorbifolia*. *Polish Journal of Environmental Studies* 27(5): 2391-2396.
6. Singh, S. K., D. N. Rao, M. Agrawal, J. Pandey and D. Naryan(1991) Air pollution tolerance index of plants. *Journal of Environmental Management* 32(1): 45-55.